

土 木 研 究 所 資 料

第 320 号

実 橋 振 動 試 験 用

各 種 起 振 機 の 取 扱 法

昭 和 42 年 11 月

建 設 省 土 木 研 究 所

耐 震 調 査 室

まえがき

この資料は、橋梁下部構造および上部構造の現場振動試験に用いる各種の起振機の諸元ならびに取り扱い方法を述べたものである。

昭和42年11月

土木研究所構造橋梁部

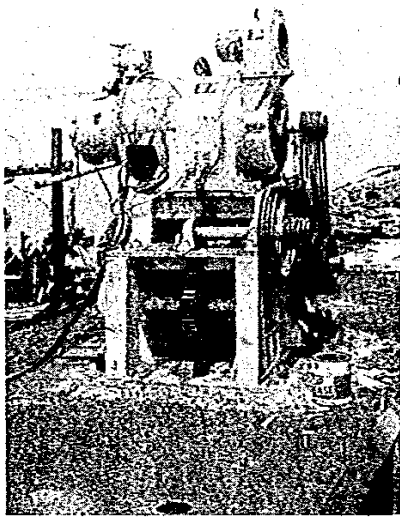
耐震調査室

岩崎敏男

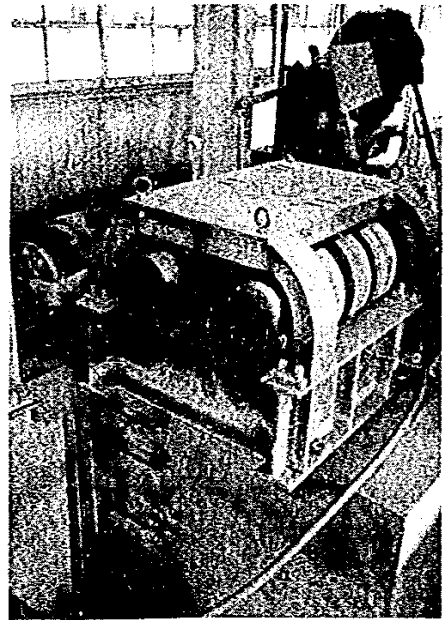
三牧 翹

写

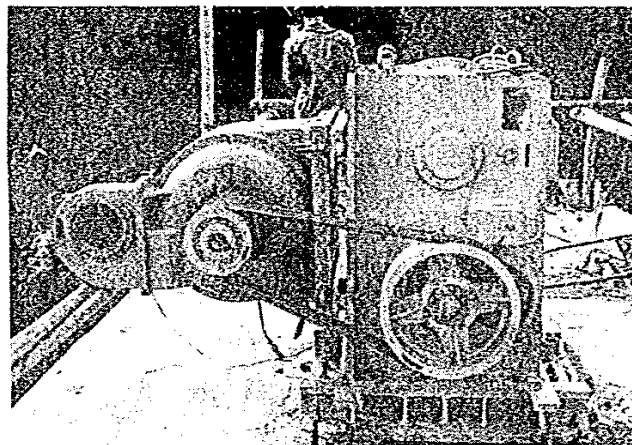
真



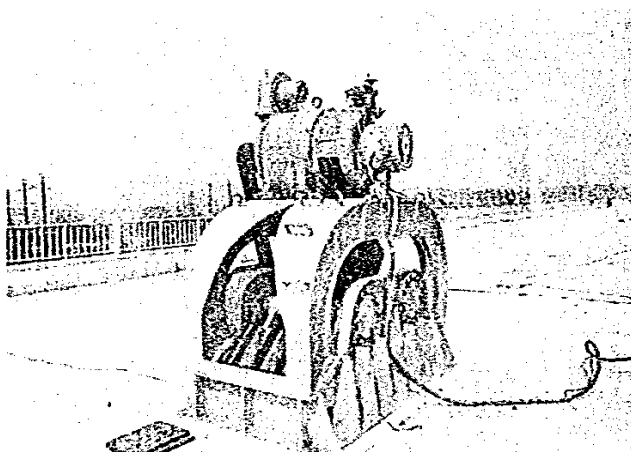
10 t 型起振機



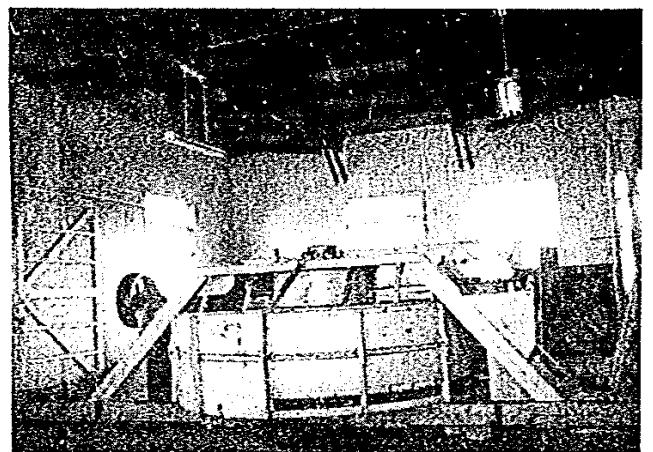
12.5 t 型起振機



15 t 2 連式起振機



40 t 型起振機



低周波起振機

目 次

写 真	ページ
1. 各種起振機の概要	1
2. 起振機の取り扱い方法	2
2-1 10 t 型起振機	2
2-2 12.5 t 型起振機	5
2-3 15 t 2 連式起振機	7
2-4 40 t 型起振機	13
2-5 低周波起振機	16
3. 各種起振機の用途	19
4. アンカーボルトの埋設法	20
5. 起振機使用上の注意事項	20

1. 起振機の概要

当所が所有する実橋振動試験用の起振機には次の五種がある。

10 t 型起振機

12.5 t 型起振機

15 t 2連式起振機

40 t 型起振機

低周波起振機

これらの起振機の概要は表-1 に示す通りである。

表-1 起振機の概要

起振機	諸元	最振 大力 起(t)	加振 方向	加振可能な 振動数範囲 (C/S)	振動数(C/S) での最大起振力	加振段階	寸 法 (m)	重量 (t)	所属	使 用 モーター	備 考
10 t	低 速	約 3	H	0.5~5	$0.11f^2$ (t)	3	0.9×0.9×0.7	1	構 造 研 究 室	AS 20HP	
	中 速	10	V	1~10		3					
	高 速	3	V	2~20	$0.0075f^2$	4					
12.5 t		125	H	1~15	$0.059f^2$	4	1.04×0.95 ×0.7	1	耐 震	AS 7.5 HP 又は20 HP	
15 t 2連式	低 速	4	H	0.2~2	$0.15f^2$	20	1.1×0.76 ×0.7	1.4 ×2台	構 造	AS 20 HP 又は AS 40 HP	
	直 結	30	T	1~10	×2台	20					
40 t	偏心磨盤 W=162枚	40		1~6	$1.14f^2$	5	1.2×2.1 ×1.4	2	耐 震 調 査 室	AS 40 HP	
	W=4.8枚	約 40	H	1~9	$0.46f^2$						
	W=0	20		1~13	$0.12f^2$						
低 周 波		40	H	0.3~5	$5.87f^2$	9	1.8×7.0×1.6	8	耐 震	VS 50 HP 及び AS 40 HP	モーター 2台

2. 起振機の取り扱い方法

起振機は元来偏心力を生じせしめる機械であるから、機械の各部（ギヤー、ベアリング等）に無理な力が生じる構造になっている。

このため実験に先立っては必ず整備点検を行い、実験中に支障のないよう万全を期すことが必要である。又、実験終了後も同様に整備点検を行うことが望ましい。

以下に各種の起振機について、その取り扱い方法を示す。

2-1 10t型起振機

1) 起振機の概略図を図-1、アンカーボルト及び定盤図を図-2、起振力図を図-3に示す。

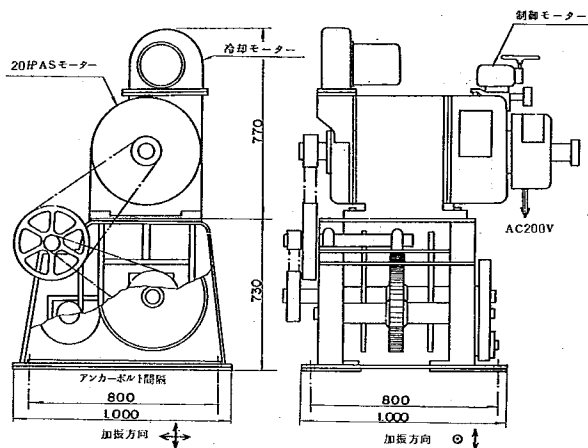


図-1 10^t型起振機

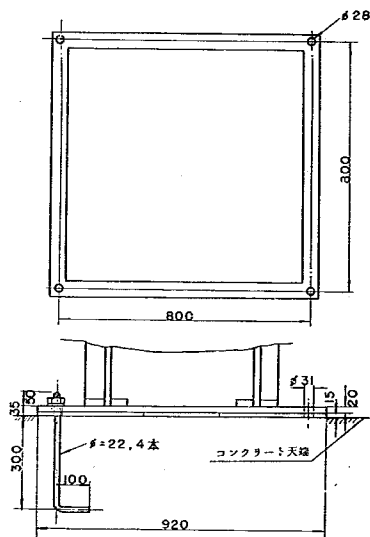


図-2 10ton型起振機用アンカーボルトおよび定盤

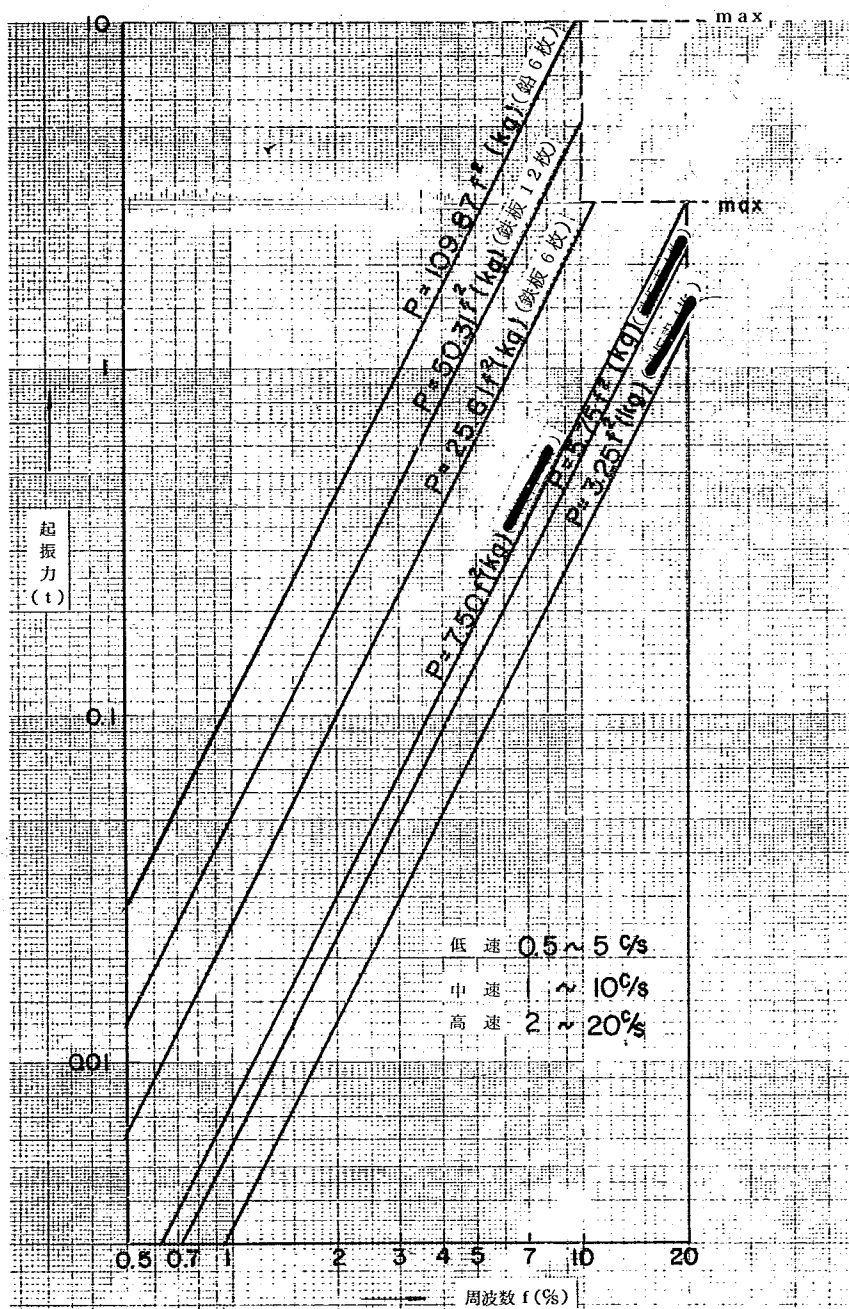


図-3 10^t 型起振機起振力図

2) この起振機では回転速度を3通り選ぶことが出来る。すなわち通常の「中速」の場合のほかにモーターと本体主軸の回転比を上げ・下げすることにより「高速」又は「低速」に変換することが出来る。

速度変換を行った場合、特に「高速」の場合は高速専用の偏心重錘を使用することに注意する。

速度変換の方法は図-4の如くモーター主軸に取り付けるプーリーの径、Vベルトの接続を変えることによって行う。

この図のa)は「低速」、b)は、「中速」、c)は「高速」である。

3) 起振機の回転部分(3枚の円盤)に対する偏心重錘の取り付け方は、中側の円盤と外側2枚の円盤に同重量となるよう専用のボルト及びナットで確実に締め付ける。

図-5は偏心重錘が取り付けられた状態を示す。この図の(a)は水平加振、(b)は鉛直加振である。尚、この図では偏心重錘6枚(中側の2枚の重錘と両外の4枚の重錘は同重量である)の時を表わし、他の枚数の時も同様である。

4) モーターはAS20HPを用いる。このモーターの取り扱いには5-3に示す。

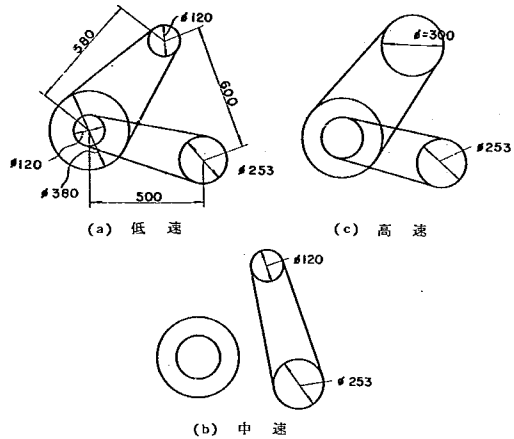


図-4 ベルトの付け方

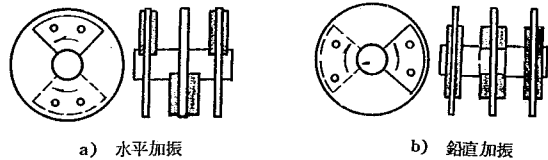


図-5 偏心重錘の付け方

2-2 12.5t型起振機

- 1) 本機の概略図を図-6, 起振力図を図-7に示す。
- 2) 本機の形式は1.0t型とほぼ同じであるが, 本機の場合は鉛直加振が出来ない。
- 3) モーターはAS20HP, 又は7.5HPを使用する。但し, 7.5HPモーターを使用する場合は遠隔操作が出来ないので手動でモーターの回転を制御する。

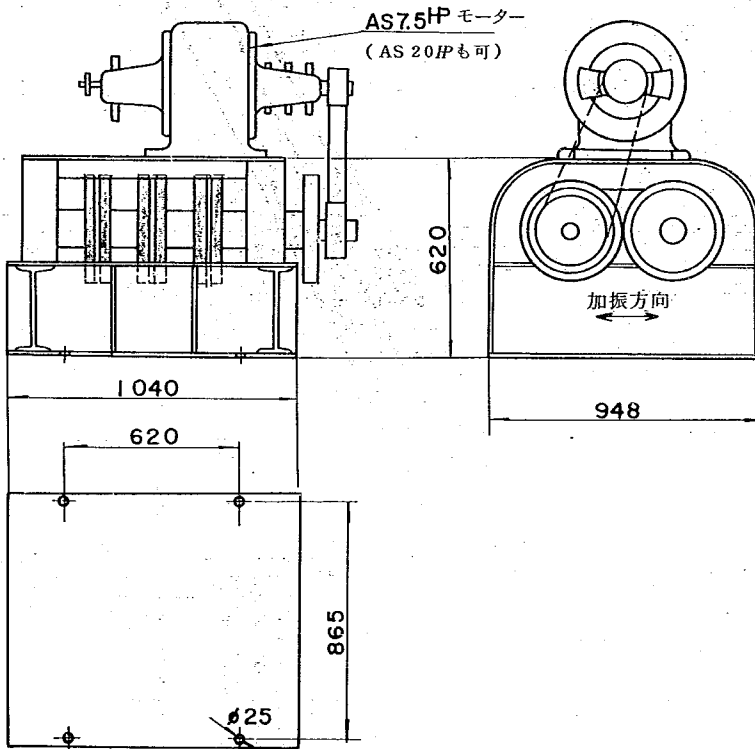


図-6 12.5t型起振機

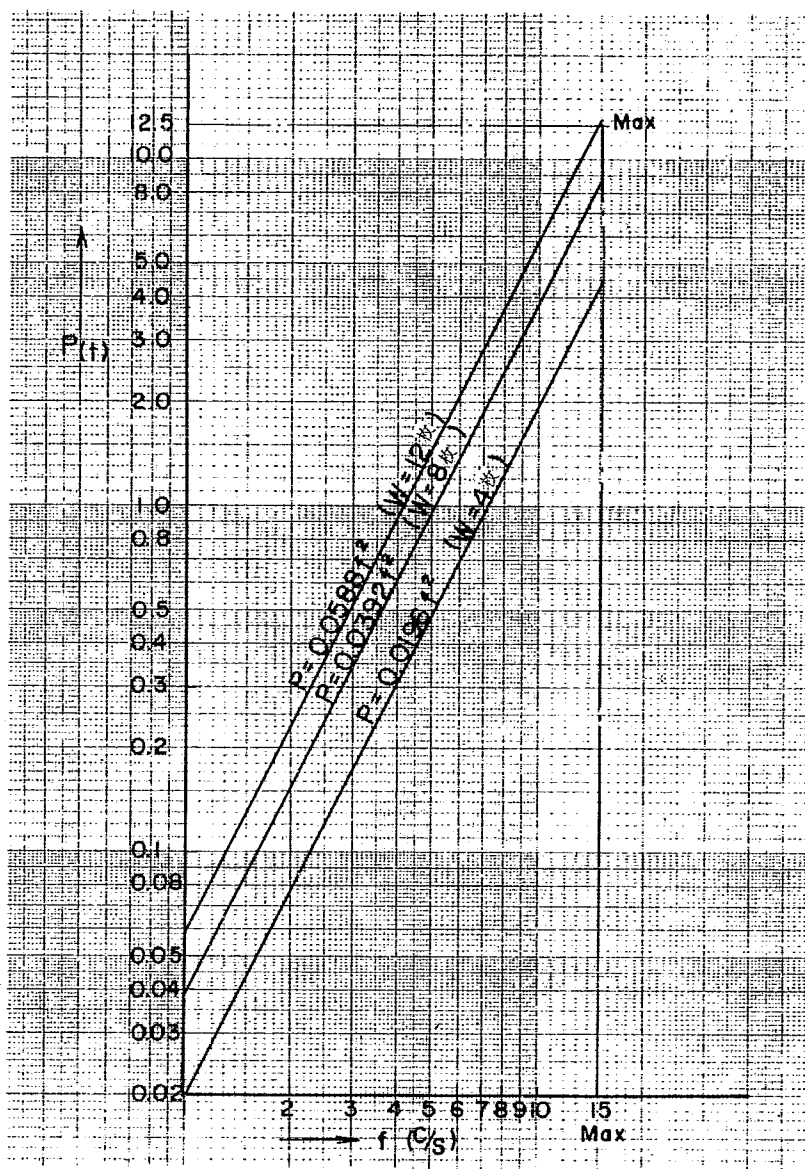
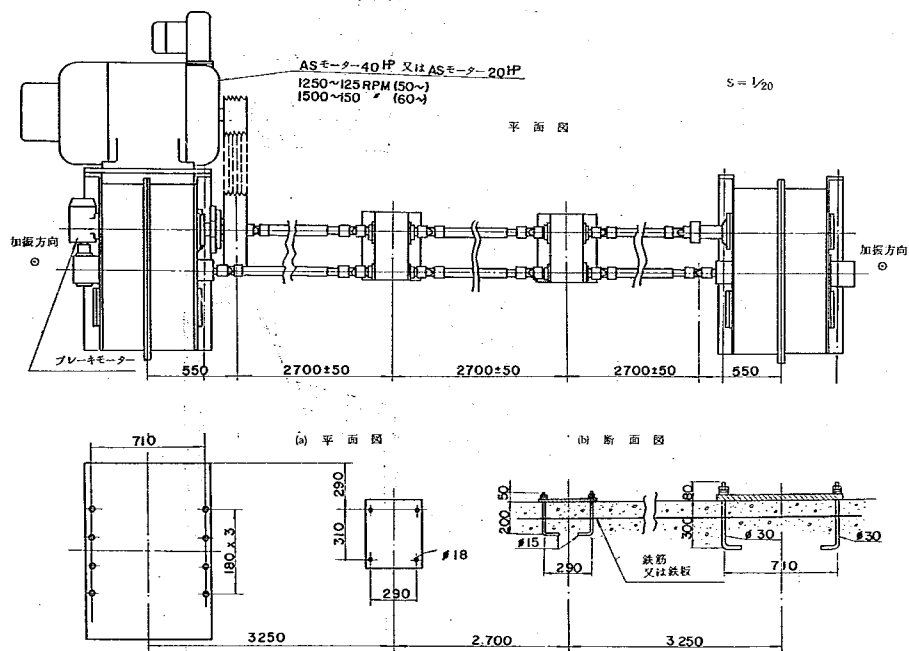
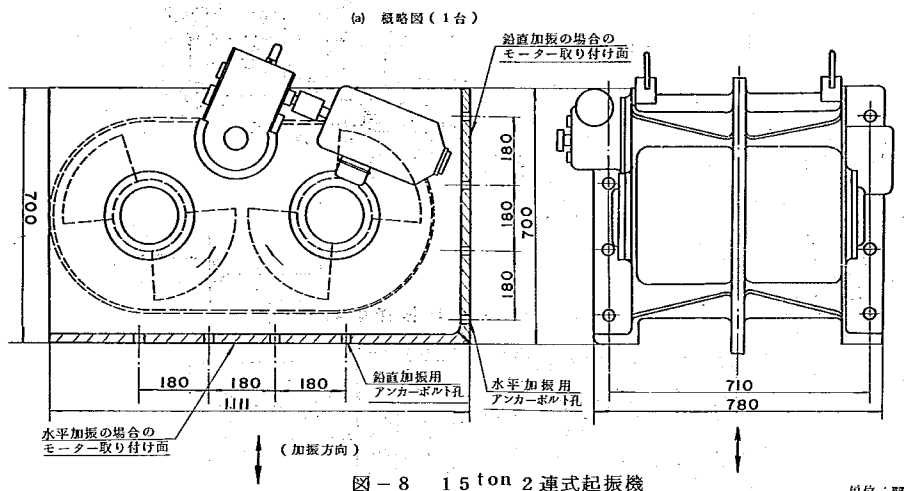


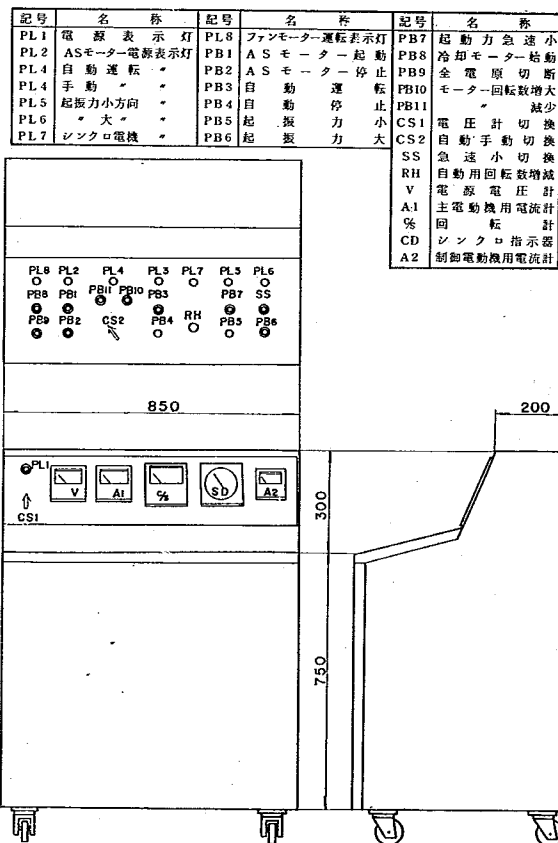
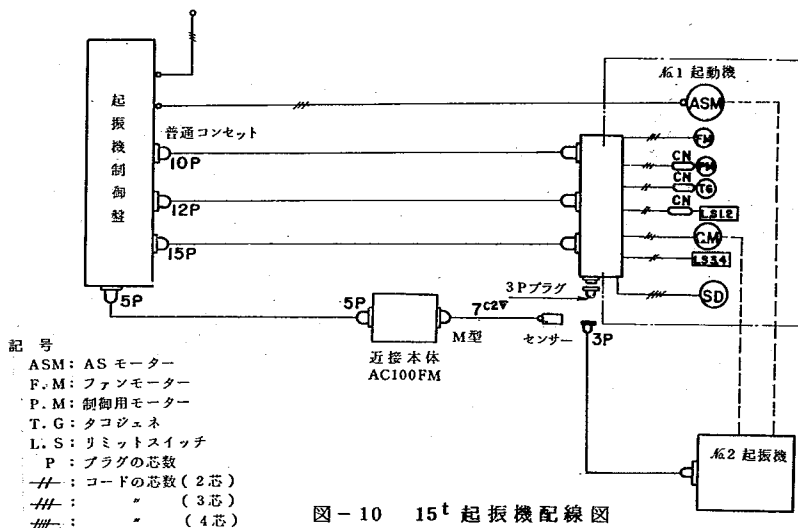
图-7 12.5 ton 型起振力图

2-3 15 t 2 連式起振機

2-3-1 概 要

本機の概略図を図-8., アンカーボルト位置図及びアンカーボルトを図-9 配線図を
図-10, 制御盤を図-11, 起振力図を図-12 に示す。





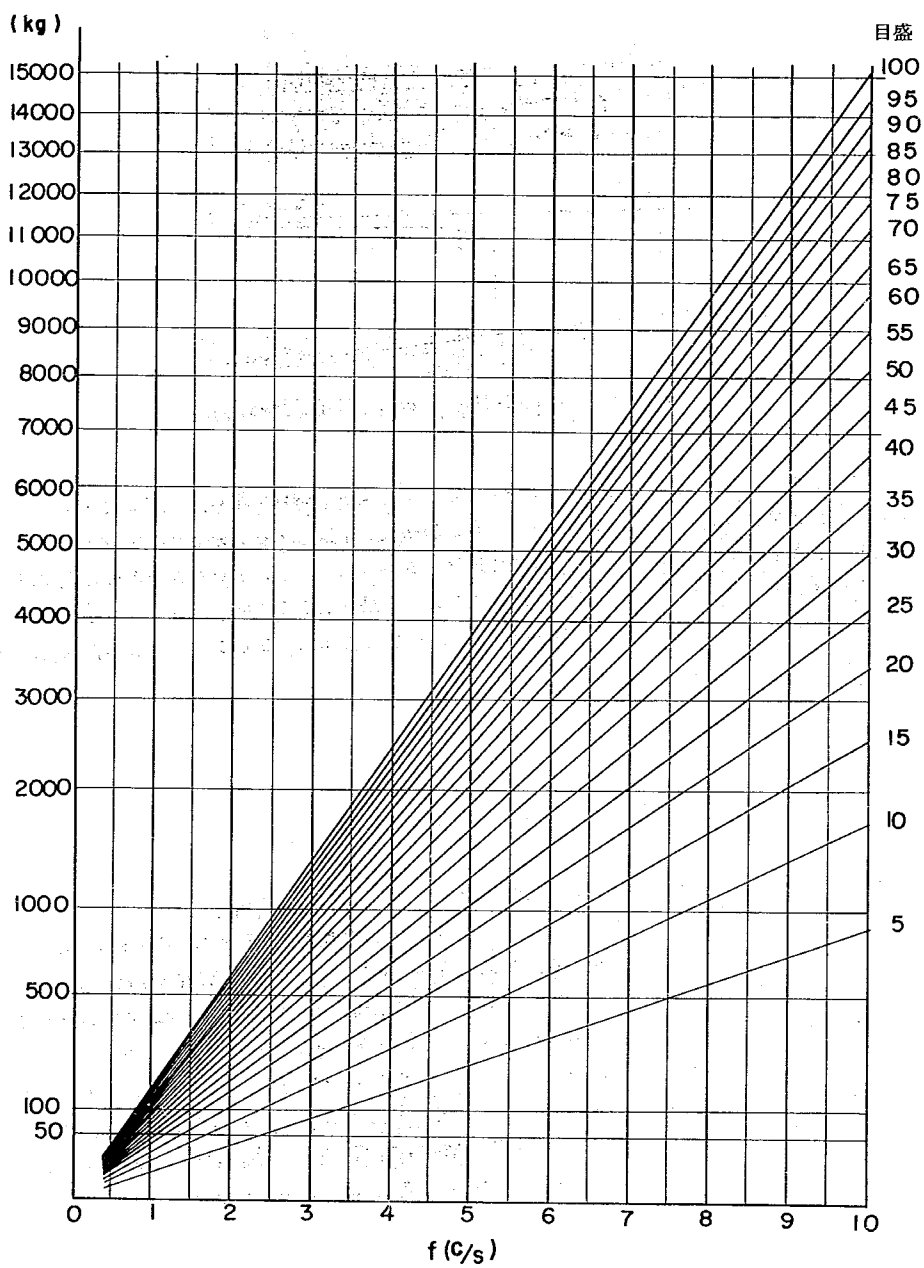


図 - 12 15^t 起振機起振力図 (1 台の場合)

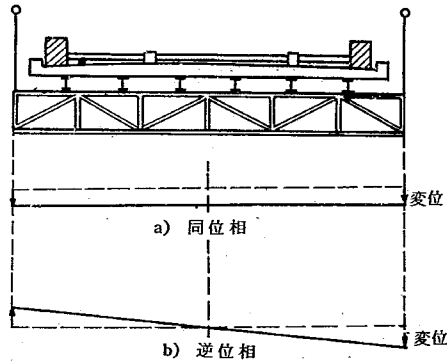


図-13 15t 2連式起振機（吊橋における使用例）

この起振機は1台で最大15tまで加振することが出来るが特殊な場合として2台をシャフトで同位相に連結し（1台のモータで2台の起振機が運転出来る構造となっている）最大起振力30tまで出し得る。又、逆位相で連結することによって、2点で逆方向の加振力を作用させることが出来る。例えば、図-13の如く橋梁上の2点に起振機を設定した場合、(a)同位相で加振すると橋梁の曲げ振動を、(b)逆位相で加振すると橋梁のねじり振動を生起させることが出来る。

2-3-2 起振機の操作

起振機の操作は制御盤で次のように行う（図-11を参照）。

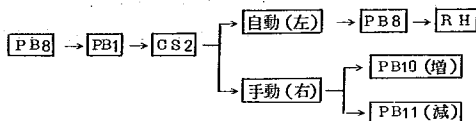
(1) 準備

- 1) 電源200Vを制御盤に入れる。入ればPL1のランプが点灯する。
- 2) 制御盤の前蓋を開け、開閉スイッチを入ると電圧計が振れPL7のランプが点灯する。
- 3) CS₁のつまみを1, 2, 3の順に切り換え、各相の電圧200Vの有無を調べる。
- 4) PB₈を押した後、たゞちにPB₉で切る、これは冷却用モータの回転方向の点検である。ファンが矢印の方向の逆に廻れば電源3相の内、2相を入れ換える。
- 5) PB₈及びPB₁を押すとPL₈とPL₂のランプが点灯し主動モータが廻り出す、起振機主軸が矢印の方向に廻ることを確認する。逆方向であれば3相の内2相を入れ換える。
- 6) CB₂を手動にし（PL₄が点灯する）PB₁₁を押す、この時、振動数($\frac{\%}{8}$)のメータが振れなければコントロールモータの配線は完全であり、メータが振れればコントロールモータの接続を点検する。

④ 運 転

1) 始動及び停止

始動は次の要領で行う。



停止の場合は始動の逆を行えよ。

又急に起振機を停止させたい場合はPB₉を押すことによって全電源が切れる。PB₉で全電源を切った場合、コントロールモーターは自動的に低速位置までもどる構造になっている。

2) 起振力変換

SSを右(普通)にして、PB₈を押すとSDが振れて起振力大となる。SSを左(急減速)にしてPB₇を押すとPB₅で起振力を下げる10倍の速さで急激に起振力を小さくすることが出来る。

3) 加 振

振動数の範囲はモーターの回転を起振機の主軸に直結する場合とギヤーによって回転比を $\frac{1}{5}$ に下げた場合の2通りがあり、前者は $1 \sim 10 \frac{1}{s}$ 、後者は $0.2 \sim 2 \frac{1}{s}$ の範囲において加振できる又振動数($\frac{1}{s}$ メーター)の読み方は図-14の如く円弧状の3本の目盛のうち、内側はモーターの回転数、中側は $50 \frac{1}{s}$ 電源を使用した場合の起振機の振動数、外側は $60 \frac{1}{s}$ 電源を使用した場合の起振機の振動数である。中側及び外側の起振機の振動数の目盛には上と下の2つがある。上の目盛はモーターの回転と直結で回転させた場合($1 \sim 10 \frac{1}{s}$)、下の目盛はギヤーで回転比を $\frac{1}{5}$ に下げた場合($0.2 \sim 2 \frac{1}{s}$)のものである。

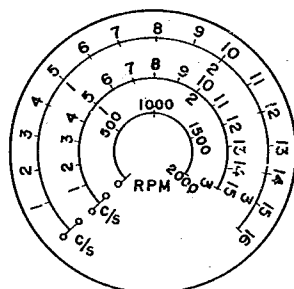


図-14 15^t 起振機の振動数目盛

(5) そ の 他

- 1) 本機の加振方向は図-8に示す如く、アンカーする方向(据え付け方向)によって水平、鉛直の2方向に変え得る。
- 2) 本機の最大の特徴は偏心重錘の取り換えなしに制御盤のスイッチで起振力の変換が行えることであり、これの制御により振動数が変わっても起振力一定で加振することが出来る。
- 3) モーター用のプーリーは電源周波数 $50 \frac{1}{s}$ 用と $60 \frac{1}{s}$ 用があり、試験地の電源周波数に合せて選定する必要がある。

- 4) 直結回転(高速)のときは、中間ギヤーを取り外し、主軸端の溝カップリングの外にあるタップ孔とVプーリーのカバー孔を合せて4本のピンボルトをネジ込む。
- 5) 低速回転を行う時は中間ギヤーを取り付けるが、このとき、4)のピンボルトを抜くことを忘れないこと。
- 6) ギヤーオイルが所定の量だけ入っているか否かに留意すること。
- 7) 本機に使用するモーターはAS20 HP又は40 HPである。但し、2連式で用いる場合は大馬力のAS40 HPを用いる。

2-4 40t型起振機

- 1) 40t型起振機の概略図を図-15, アンカーボルト用定盤を図-16, 起振力図を図-17に示す。
- 2) 偏心重錘の取り付け方は図-18の如くである。重錘の取り付けには専用のボルト, ナット及びナット廻しがある。
- 3) 偏心重錘は図-18の如く必ず切り取り部分を外側にして取り付ける。
- 4) 偏心重錘の取り付け作業は起振機の内側(アームの回転部分)に入っていくので, この作業中, 誤ってアームが回転することのないよう安全措施を施す。
例えば, 電源スイッチを二重にする, モーターのベルトをははずす等の処置をとる。
- 5) 本機はAS40IPモーターを用いる。

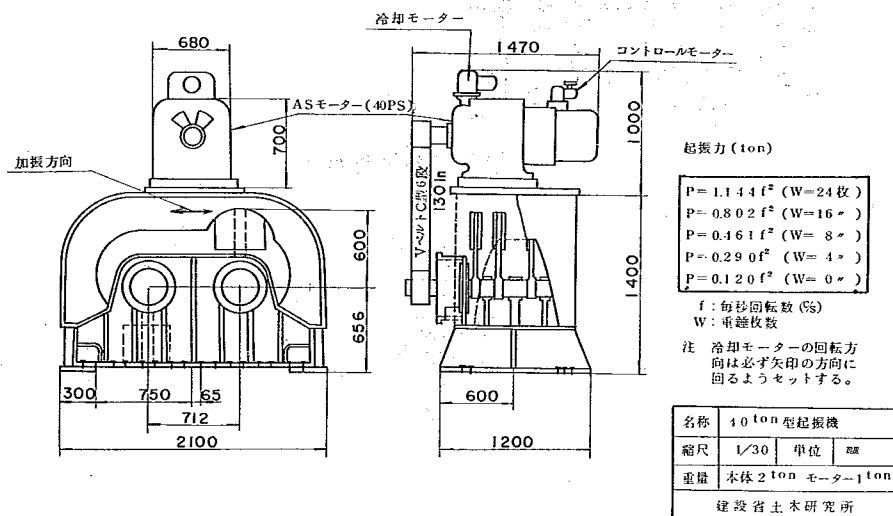


図-15 40ton 起振機一般構造図

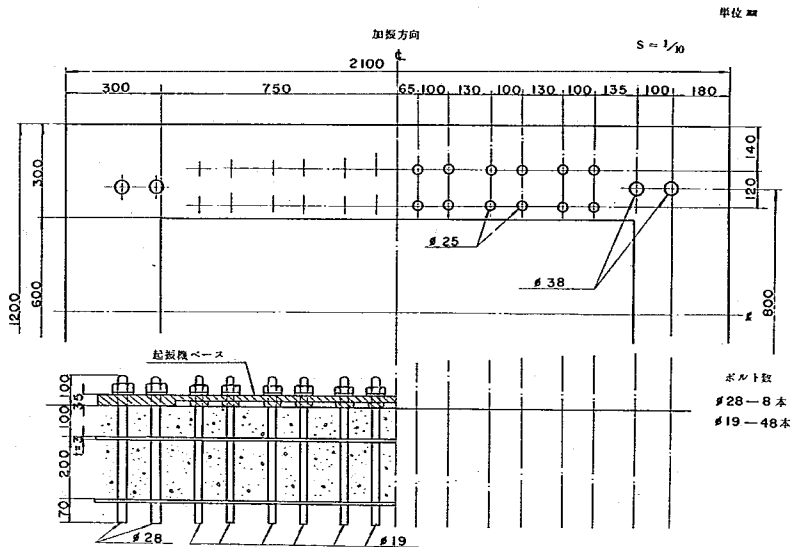


図-16 40^t型起振機定盤

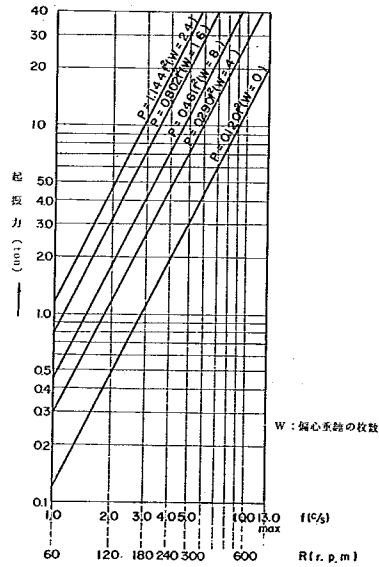
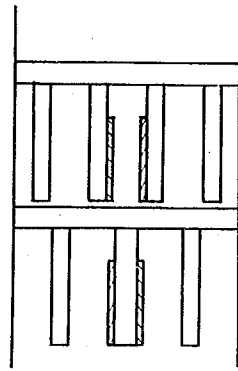
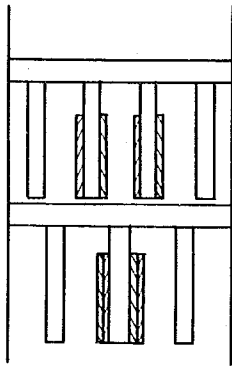
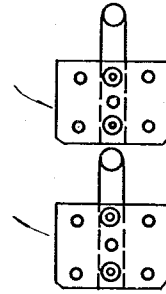


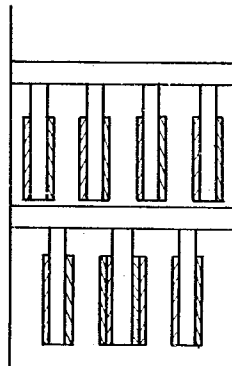
図-17 40 ton 起振機、起振力図



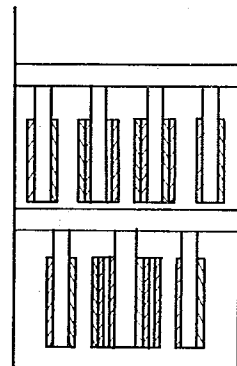
W = 4 枚



W = 8 枚



W = 16 枚



W = 24 枚

図 - 18 40^t 起振機の偏心重錘の取り付け方

2-5 低周波起振機

- 1) 起振機の概略図を図-19, 起振力図を図-20, アンカーボルト位置図を図-21に示す。
- 2) 本機は非常に大型であり大重量であるので, その取り扱いには他の起振機と比較してむづかしい。本機を現場実験に使う場合は一般に次の手順をふんで用いる。

整備点検及び試運転 → 分解 → (運搬) → 組立 → 運転(実験) →

分解 → (運搬) → 組立

ここに □ 内は現場, □ は土研における作業を示す。

以上の作業は専門の機械業者, 運搬業者に外注する必要がある。

- 3) 本機は偏心重錘の取り付け方によって, 水平2方向の加振が出来る。

図-22において, (a)の如く重錘を付けると機械に対して長手方向, (b)の如く重錘を取り付けると機械に対し直角方向に加振させることが出来る。

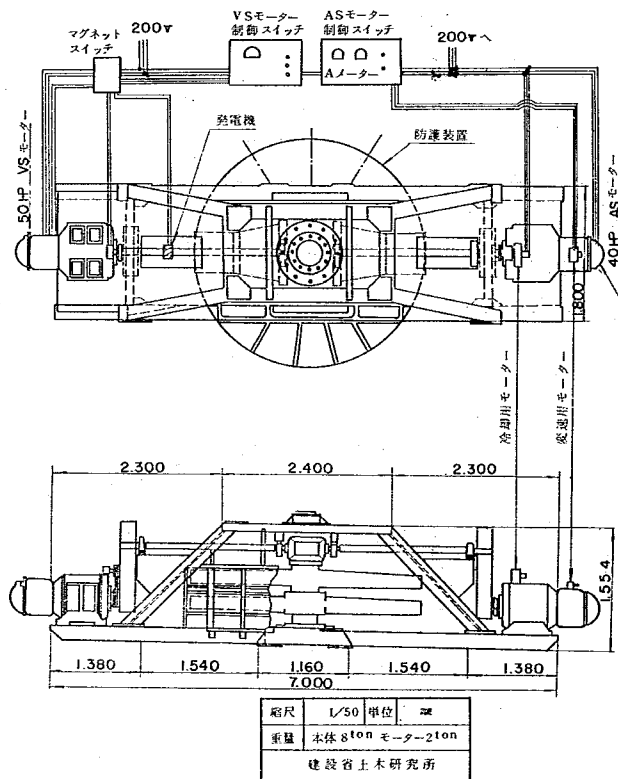


図-19 低周波起振機構造図

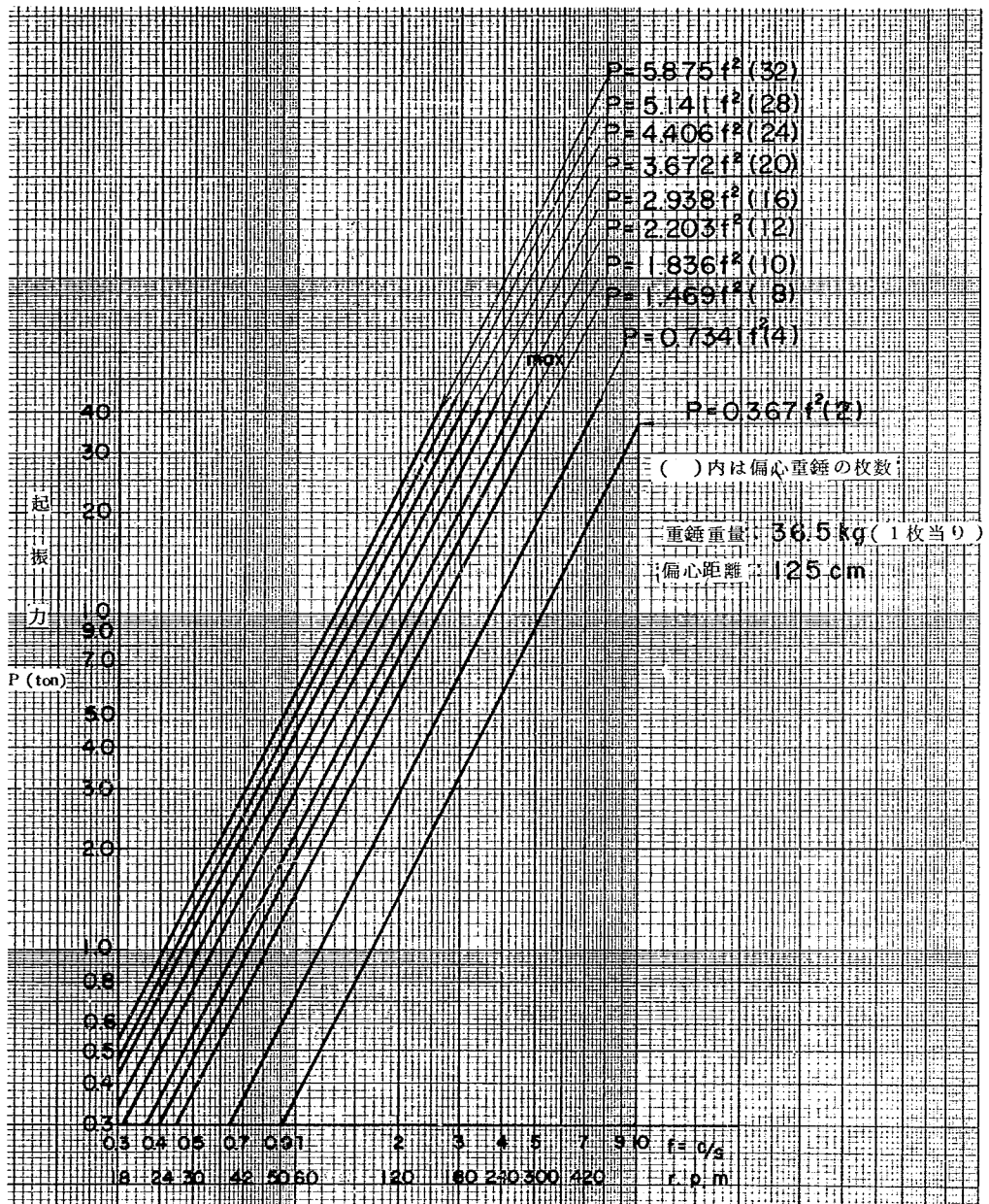


図-20 低周波起振力図

4) 本機ではVS50HPモーターとAS40HPモーターの2台を同時に使用する。

この2台のモーターで起振機の同一軸を回転させるため両モーターの回転数を同一に保ちながら、かつ負荷電流が片よらないように操作することが必要である。尚、本機の運転は原則として専門の機械業者にあたらせる。

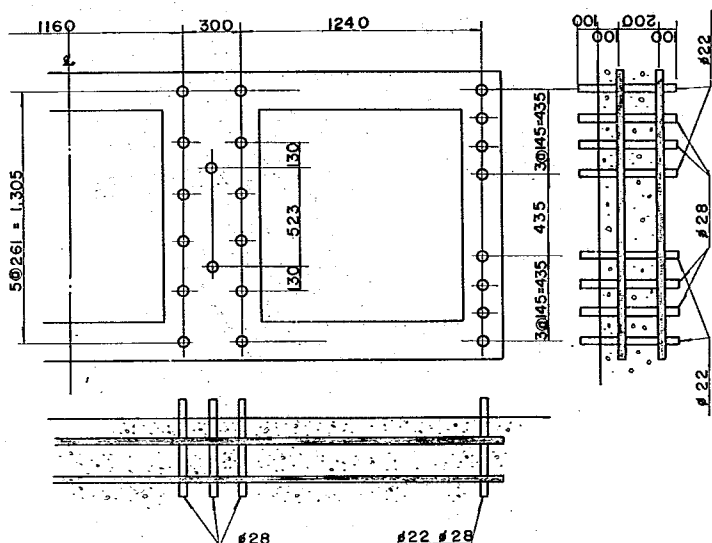


図-21 低周波起振機定盤及びアンカーボルト

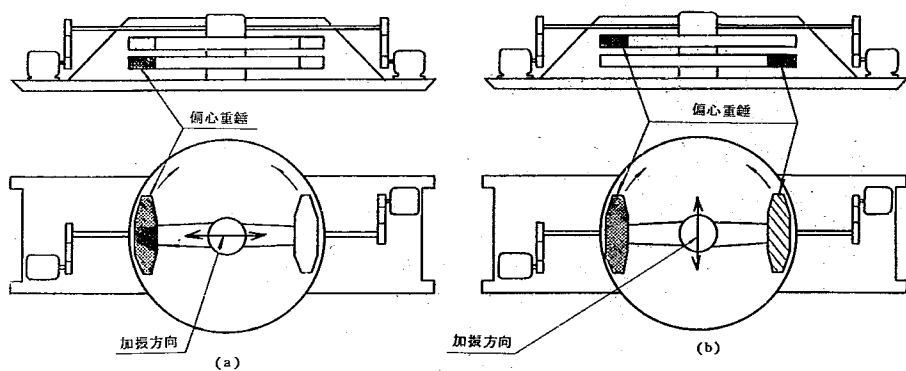


図-22 加振方向に対する偏心重錘の取り付け方

3. 各種起振機の使用

各種起振機の使用を一覧にして表-2に示す。

表-2 各種起振機の使用

起振機	加振方向	加振可能な振動数範囲	振動数 f (G/S)での最大起振力	試験体の共振振動数	橋梁における使用例			備考
					下部構造(鉛直)	下部構造(水平)	上部構造	
10 t	低速	0.5~5 (G/S)	0.11 f^2 (t)	大略 C/S 1~4	—	—	吊橋(中スパン) ④⑤ アーチ橋④ PC橋④	0.9 $\times$ 0.9 $\times$ 0.7 m^3 1 t AS 20 HP
	中速	④ 1~10	—	—	単杭④ 群杭④ 小橋脚④, ⑤ 小フーチング基礎④	—	—	—
	高速	⑤ 2~20	0.0075 f^2	—	模型ケーソン④ 単杭④ 組杭④	—	—	—
12.5 t	④	1~15	0.05 f^2	—	単杭式橋脚④	模型 PC ラーメン 高架橋 ④	—	1 $\times$ 1 $\times$ 0.7 m^3 1 t AS 20 HP or 7.5
15 t	低速	④ 0.2~2	0.15 f^2	—	超高橋脚④	—	吊橋 ④, ⑤, ⑥ 長大スパン橋④⑤⑥	1.1 $\times$ 0.8 $\times$ 0.7 m^3 15 t $\times$ 2台 AS 20 HP or 40 HP
	⑤ 直結	⑤ 1~10	— $\times$ 2台	—	高橋脚④ 小型橋脚④, ⑤	—	—	—
40 t	傾斜 W=16, 24枚	④ 1~6	1.14 f^2	—	大型橋脚④	一般橋梁④	長スパン橋④	1.2 $\times$ 2.1 $\times$ 1.4 m^3 2 t AS 40 HP
	枚 W=4, 8	④ 1~9	0.46 f^2	—	中型橋脚④ 橋脚基礎④	—	—	
	W=0	④ 1~13	0.12 f^2	—	小型橋脚④ 橋脚基礎④	—	—	
低周波	④	0.3~5	5.87 f^2	—	超大型橋脚④ 大型基礎④	一般橋梁④	一般橋梁④	1.8 $\times$ 0.7 $\times$ 1.6 m^3 8 t VS 50 HP AS 40 HP 2台

(注) ④: 水平方向, ⑤: 鉛直方向, ⑥: ねじり

個々についての概要を示すと以下の通りである。

(1) 10 t 型起振機 (水平及び鉛直方向)

比較的小規模な構造物、可撓性に富む構造物、高振動数の構造物の現場振動試験及び室内試験に適する。

(2) 12.5 t 型起振機 (水平方向のみ)

小中規模の構造物、やゝ大型の振動試験に用いる。

(3) 15 t 2 連式起振機 (水平、鉛直、ねじり)

特に可撓性に富む構造物、例えば吊橋、超高橋脚等に用いる、本機は図-13の(b)の如くねじり加振を行うことが出来る。

(4) 40 t 型起振機 (水平のみ)

大規模で比較的剛性に富む構造物 (共振点が 10 $\frac{1}{8}$ 程度以下に予想される構造物) の現場振動試験に適する。

(5) 低周波起振機

大規模で比較的低振動数の構造物 (共振点が 4 $\frac{1}{8}$ 程度以下に予想される構造物) の現場振動試験に適する。

4. アンカーボルトの埋設法

アンカーボルトは正確、かつ堅固に埋設せねばならない、アンカーボルトの埋設が不良であったため実験が思うまゝに出来なかった例は少なくないので特に注意を要する。

アンカーボルトは図-23の如くコンクリートの躯体中の鉄筋に熔接するか、又は別に鉄板で定盤を製作し、アンカーボルトをあらかじめ固定して、コンクリート躯体に埋め込む。10t型及び12.5型はボルト数が4本であるので大した問題はないが15t2連式起振機、40t型、低周波の3台はボルト数が多いため所定の配列を正確に埋設しなければ起振機の取り付けが困難である。このため必ず所定の定盤を用いて埋設せねばならない。

アンカーボルト購入時にはスプリングワッシャー、平ワッシャー、ナットを必ず備えること。

なお、個々の起振機のアンカーボルトの埋設法は、

- (1) 10t起振機では図-2
- (2) 12.5t起振機では図-6
- (3) 15t2連式起振機では図-9
- (4) 40t起振機では図-16
- (5) 低周波起振機では図-21を参照された。

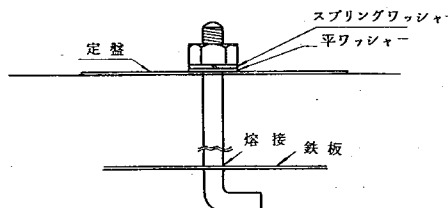


図-23 アンカーボルト

5. 起振機使用上の注意事項

(1) 起振機

- 1) 起振機は指定された方向に回転させる。
- 2) 起振機は完全にアンカーボルトに固定し運転中、ガタつかないように、実験中は一定時間間隔でアンカーボルト、偏心重錘のナットの締め具合を点検する。
- 3) 起振機は水平に据え付けること。

(2) モーター

- 1) モーターの性能は表-3に示す。
- 2) モーターは起振機に対応しているが、その制御はそれぞれの制御盤を使用する。
- 3) ASモーターの制御は次項(3)に示す如きである。
- 4) 回転方向は所定の方向であること。
- 5) 冷却モーターは矢印の方向に廻ること。
- 6) 電源スイッチは安全のため2ヶ所に取り付ける。40t起振機及び低周波起振機は機械の中に人が入って重錘を取り付けるので特に注意する。

7) 低周波起振機に用いる、VS モーターは30分以上の連続運転は避ること。

(3) AS モーターの制御

AS 20HP, 40HP モーターの制御は図-24～26に示すところによる。図-24はASモーターの外観図、図-25は配線図、図-26は増減スイッチである。増減スイッチは次の如く使用する。

増速する場合：OFF } と押しONで任意の回転数になるまで押す。
減速する場合：OFF }

増減スイッチを使用する場合は図-26の②ロックピンでハンドルを固定することを忘れないこと。

制御モーターは上限、下限より余裕をもって止める。これは極端に上、下限に近づけると、モーターのブラシが食い込んで動かなくなる恐れがあるのを防ぐためである。

表-3 モーターの性能

性能 モーター	出力 (HP)	電源周波 数(%)	電 源 (V)	電 流 (A)	回転数 (RPM)	重 量 (kg)
ASモーター (東洋電機)	7.5	50	200	22.2	1350	300
	20	50	200	18	2730	500
	20	60	220	17	3280	500
	20	50	200	55	1650	500
	40	60	220	50	2000	500
	40	50	200	115	1250	800
VSモーター (富士電機)	50	60	220	168	1500	1000
	50	50	200	185	1200	1000

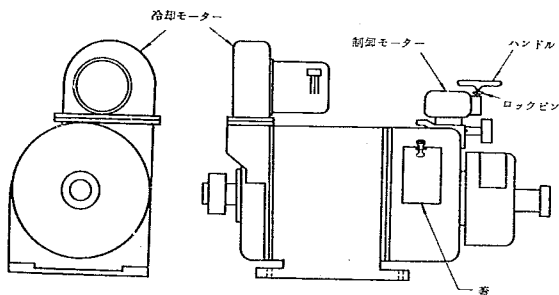


図-24 AS モーター

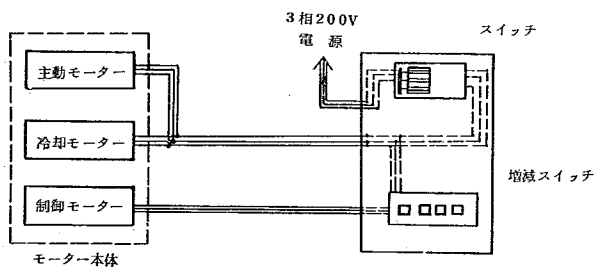


図-25 配 線 図

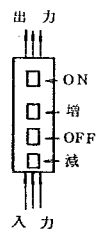


図-26
増 減 ス イ ャ ッ チ